

ОБЛАСНА ОЛІМПІАДА З ФІЗИКИ – 2020
8 КЛАС (ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР)

1. **Ракетка.** Перша ракетка України, тенісистка Еліна Світоліна під час подачі б'є по м'ячу із силою 50 кН. Визначіть наскільки прогнеться сітка ракетки від удару м'яча, якщо швидкість тенісного м'яча після подачі становить 180 км/год, а маса цього м'яча – 60 г.

Розв'язок.

Дано:

$$m_M = 60 \text{ г} = 0,06 \text{ кг};$$

$$V_M = 180 \text{ км/год} = 50 \text{ м/с};$$

$$F = 50 \text{ кН} = 5 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

Δx – ?

Кінетична енергія тенісного м'яча дорівнює потенціальній енергії струн ракетки, які прогинаються під час удару

$$E_k = E_p.$$

$$\frac{m_M V_M^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

$$m_M V_M^2 = kx^2$$

Оскільки нам дано силу, з якою м'яч діє на сітку ракетки, то можемо записати закон Гука:

$$F = kx.$$

Тоді

$$m_M V_M^2 = Fx$$

$$x = \frac{m_M V_M^2}{F} = \frac{0,06 \cdot 50^2}{5 \cdot 10^4} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

Відповідь: Сітка ракетки прогнеться на 3 мм.

2. **Сполучені посудини.** У склянці з невідомою рідиною плаває дерев'яний брусок густиною 560 кг/м^3 , занурений на 70% у рідину. Невідому рідину зі склянки наливають у одну з трубок сполучених посудин, в яких знаходиться вода. Додана рідина не змішується з водою і висота її стовпчика склала 9 см (рис. 1). Визначіть на скільки рівень води в лівій трубці вищий, ніж рівень води у правій, якщо густина води 1000 кг/м^3 .

Розв'язок.

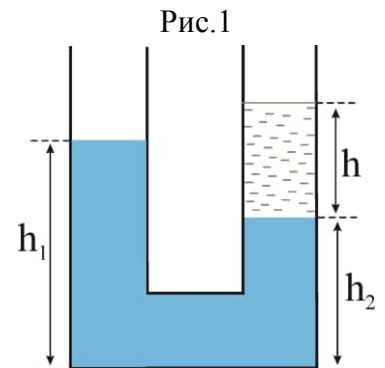
$$h = 9 \text{ см};$$

$$\rho_{\text{бруска}} = 560 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{води}} = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_1 = 0,7 V;$$

$$h_1 - h_2 = ?$$



Оскільки гідростатичний тиск у обох трубках є однаковий, то можемо записати

$$\rho_{\text{води}} g h_1 = \rho_{\text{води}} g h_2 + \rho_{\text{рідини}} g h$$

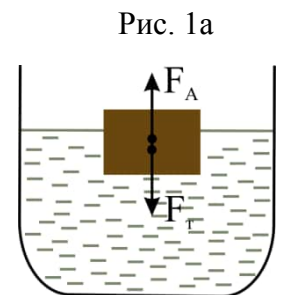
З цього рівняння різниця висоти між лівим і правим коліном складає

$$h_1 - h_2 = \frac{\rho_{\text{рідини}} h}{\rho_{\text{води}}};$$

Для знаходження густини невідомої рідини розглянемо дерев'яний брусок, що плаває у склянці з цією рідиною (рис. 1а).

Брусок вільно плаває, якщо сила тяжіння, яка діє на нього зрівноважується силою Архімеда

$$F_T = F_A;$$



Сила тяжіння, яка діє на брусок рівна $F_T = mg = \rho_{\text{бруска}} V g$.

Якщо весь об'єм бруска V , то тоді об'єм його частини, що знаходиться у воді рівний $V_1 = 0,7 V$.

Тоді сила Архімеда, яка діє зі сторони невідомої рідини

$$F_A = \rho_{\text{рідини}} V_1 g,$$

Тоді

$$\rho_{\text{бруска}} V g = \rho_{\text{рідини}} V_1 g,$$

$$\rho_{\text{бруска}} V g = \rho_{\text{рідини}} 0,7 V g,$$

Звідси визначимо густину невідомої рідини

$$\rho_{\text{рідини}} = \frac{\rho_{\text{бруска}}}{0,7};$$

$$\rho_{\text{рідини}} = \frac{560}{0,7} = 800 \text{ кг/м}^3$$

Тепер визначимо різницю висот між лівим і правим коліном:

$$h_1 - h_2 = \frac{800 \cdot 0,09}{1000} = 0,072 \text{ м} = 7,2 \text{ см}$$

Відповідь: У лівій трубці рівень води на 7,2 см вищий, ніж у правій.

3. **Ескалатор.** Відвідувач супермаркету рухається вгору по ескалатору і до кінця підйому 30 сходинок. Піднявшись нагору згадав, що забув в автомобілі гаманець, він спускається вниз по цьому ж ескалатору, рухаючись в попередньому темпі відносно ескалатора і на свій подив нарахував 90 сходинок. Скільки сходинок нарахував би відвідувач супермаркету, якби йшов по нерухомому ескалаторові.

Розв'язок.

Дано:

$$N_1 = 30$$

$$N_2 = 90$$

$$N - ?$$

Введемо позначення: v – швидкість ескалатора, u – швидкість людини, l – довжина ескалатора, N – кількість сходинок на ньому.

Спочатку людина піднімалася по ескалатору нагору, тоді час перебування людини на ескалаторі буде рівний $t_1 = \frac{l}{v+u}$, а пройдений шлях по ескалатору буде рівний $l_1 = u \cdot t_1$.

При спуску вниз, рухаючись в попередньому темпі відносно ескалатора, людина затрачає час $t_2 = \frac{l}{u-v}$, а пройдений шлях по ескалатору складає $l_2 = u \cdot t_2$.

У випадку нерухомого ескалатора людина для підйому або спуску витратить час $t_3 = \frac{l}{u}$, а пройдений шлях складе $l = u \cdot t_3$.

Довжина ескалатора l пропорційна кількості сходинок N , тоді l_1 пропорційна до N_1 , а l_2 пропорційна до N_2 . Запишемо співвідношення між рухомих та нерухомих ескалатором для обох напрямів руху людини:

$$\frac{l_1}{l} = \frac{N_1}{N}; \quad \frac{l_2}{l} = \frac{N_2}{N};$$

Підставимо у співвідношення формули, отримані для шляху :

$$\frac{N_1}{N} = \frac{u \cdot t_1}{u \cdot t_3} = \frac{\frac{l}{u+v}}{\frac{l}{u}} = \frac{u}{u+v} \quad \frac{N_2}{N} = \frac{u \cdot t_2}{u \cdot t_3} = \frac{\frac{l}{u-v}}{\frac{l}{u}} = \frac{u}{u-v}$$

Звідси

$$\frac{N}{N_1} = \frac{u+v}{u} = 1 + \frac{v}{u}, \quad (1)$$

$$\frac{N}{N_2} = \frac{u-v}{u} = 1 - \frac{v}{u}. \quad (2)$$

З рівняння (1) визначаємо $\frac{v}{u}$:

$$\frac{v}{u} = \frac{N}{N_1} - 1$$

Підставимо в рівняння (2):

$$\frac{N}{N_2} = 1 - \frac{N}{N_1} + 1 = 2 - \frac{N}{N_1} \quad \text{або} \quad \frac{N}{N_2} + \frac{N}{N_1} = 2;$$

$$\begin{aligned} \frac{N}{90} + \frac{N}{30} &= 2, \\ N + 3N &= 180, \\ 4N &= 180 \\ N &= 45. \end{aligned}$$

Відповідь: Відвідувач супермаркету нарахував би 45 сходинок.

4. **Калорії.** Для визначення калорійності продукту, використовують “калориметричну бомбу”, схема якої зображена на рис. 2. Цукерку масою 20 г помістили в внутрішній алюмінієвий контейнер масою 347 г, заповнений киснем. Цей контейнер помістили в алюмінієвий калориметр масою 653 г, який містить 1,4 кг води за температури 15 °С. Цукерку в малому контейнері спалюють. Енергія, яка виділяється в результаті згорання продукту, передається зовнішньому калориметру з водою. Після повного згорання цукерки термометр показує 57 °С. Визначіть калорійність 100 г цукерок у кілокалоріях (1 ккал = 4,2 кДж). Питомі теплоємності: $c_{\text{алюмінію}} = 920 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{С}$, $c_{\text{води}} = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{С}$.

Розв’язок.

Дано:

$$m_1 = 347 \text{ г} = 0,347 \text{ кг};$$

$$m_2 = 653 \text{ г} = 0,653 \text{ кг};$$

$$m_{\text{в}} = 1,4 \text{ кг};$$

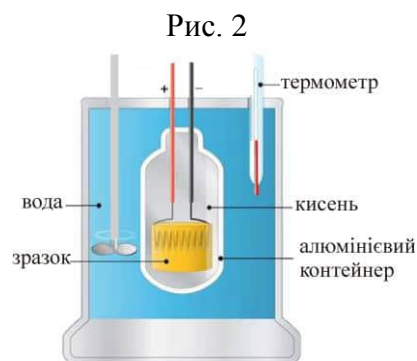
$$t_1 = 15^\circ\text{С};$$

$$t_2 = 57^\circ\text{С};$$

$$c_{\text{алюмінію}} = 920 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{С};$$

$$c_{\text{води}} = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{С};$$

Q-?



Спочатку визначимо кількість теплоти, що виділяється при згоранні цукерки масою 20 г. У “калориметричній бомбі” енергія, яка виділяється в результаті згорання цукерки внаслідок теплообміну передається системі, що складається з двох алюмінієвих контейнерів та води. Тоді рівняння теплового балансу буде мати вигляд:

$$Q_1 = (m_{\text{ал}}c_{\text{ал}} + m_{\text{води}}c_{\text{води}})\Delta t$$

Оскільки система містить два алюмінієвих контейнери, то рівняння набуде вигляду

$$Q_1 = ((m_1 + m_2)c_{\text{ал}} + m_{\text{води}}c_{\text{води}})\Delta t$$

$$Q_1 = ((0,347 + 0,653) \cdot 920 + 1,4 \cdot 4200)(57 - 15) = 285600 \text{ Дж} = 285,6 \text{ кДж}$$

Переведемо отримане значення в кілокалорії:

$$\text{якщо } 1 \text{ ккал} = 4,2 \text{ кДж, тоді } x \text{ ккал} = \frac{285,6}{4,2} = 68 \text{ ккал.}$$

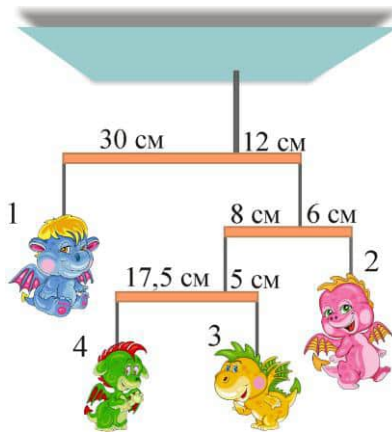
Отже в 20 г цукерці міститься 68 ккал.

Далі можемо знайти калорійність 100 г цукерок:

$$Q = \frac{100Q_1}{20} = \frac{100 \cdot 68}{20} = 340 \text{ ккал.}$$

Відповідь: калорійність 100 г цукерок становить 340 ккал.

Рис.3



5. **Дракончики.** Дитячий мобіль зображений на рис.3 знаходиться у рівновазі. Дракончик 2 має масу 600 г. Визначить маси дракончиків 1, 3 і 4. Вагою поперечних планок нехтуємо.

Розв'язок.

$$m_2 = 600 \text{ г} = 0,6 \text{ кг};$$

$$d_{34} = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м};$$

$$d_1 = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м};$$

$$d_3 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м};$$

$$d_{234} = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м};$$

$$d_4 = 17,5 \text{ см} = 0,175 \text{ м}$$

$$d_2 = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м};$$

$$m_1, m_3, m_4 - ?$$

За умовою задачі дитячий мобіль знаходиться в рівновазі.

Запишемо умову рівноваги важеля для дракончиків 3 і 4:

$$\frac{F_3}{F_4} = \frac{d_4}{d_3} \text{ або } F_3 \cdot d_3 = F_4 \cdot d_4;$$

На кожного дракончика діє сила тяжіння $F = mg$, тоді рівняння матиме вигляд

$$m_3 g d_3 = m_4 g d_4,$$

$$m_3 d_3 = m_4 d_4$$

Знайдемо відношення між масами дракончиків

$$m_3 = \frac{m_4 d_4}{d_3} = m_4 \frac{17,5}{5} = 3,5 m_4.$$

Розглянемо середній важіль, щоб він перебував у рівновазі, має виконуватися відношення:

$$\frac{F_{34}}{F_2} = \frac{d_2}{d_{34}} \text{ або } F_{34} \cdot d_{34} = F_2 \cdot d_2;$$

Сила $F_{34} = (m_3 + m_4)g$, тоді отримуємо

$$(m_3 + m_4) d_{34} = m_2 d_2;$$

Скориставшись співвідношенням між масами 3 і 4 дракончиків можна записати

$$(3,5 m_4 + m_4) d_{34} = m_2 d_2;$$

$$4,5 m_4 d_{34} = m_2 d_2;$$

Тоді маса четвертого дракончика

$$m_4 = \frac{m_2 d_2}{4,5 d_{34}} = \frac{0,6 * 6}{4,5 * 8} = 0,1 \text{ кг}.$$

А маса третього дракончика

$$m_3 = 3,5 m_4 = 3,5 * 0,1 = 0,35 \text{ кг}.$$

Щоб визначити масу першого дракончика, розглянемо верхній важіль. Для того, щоб він перебував у рівновазі, має виконуватися умова

$$\frac{F_1}{F_{234}} = \frac{d_{234}}{d_1} \text{ або } F_1 \cdot d_1 = F_{234} \cdot d_{234};$$

Сила $F_{234} = m_{234}g = (m_2 + m_3 + m_4)g$, тоді рівняння набуде вигляду

$$m_1 d_1 = (m_2 + m_3 + m_4) d_{234};$$

Звідси

$$m_1 = \frac{(m_2 + m_3 + m_4) d_{234}}{d_1} = \frac{(0,6 + 0,35 + 0,1) * 12}{30} = 0,42 \text{ кг}.$$

Відповідь: маса дракончика 1 – 0,42 кг, дракончика 3 – 0,35 кг, дракончика 4 – 0,1 кг.